

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Bakalářská práce

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Fotovoltaická elektrárna 5 kW_p

Photovoltaic Power Plant 5 kW_p

Student:

Pavel Moštěk

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Pavel Moštěk**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: Fotovoltaická elektrárna 5 kW_p
Photovoltaic Power Plant 5 kW_p
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Ve vybrané lokalitě navrhnete fotovoltaickou elektrárnu o instalovaném výkonu 5 kW_p.

Práce bude obsahovat:

1. Analýzu současného stavu a perspektivy využívání fotovoltaiky v ČR.
2. Návrh systému, analýzu možných zisků v závislosti na sklonu panelů.
3. Dispoziční řešení.
4. Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - schéma zapojení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB - TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.
CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
TURNER, W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0-13-728098-X.
HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol. *Solárna energia a jej využitie*. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.
SOLARTEC s.r.o. *Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování* [online]. Praha: Česká energetická agentura, 2006 [cit. 2011-09-30]. 64 s. Dostupný na WWW: <www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf>.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016




prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Pavel Moštěk

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kozlovská 37, Přerov

Anotace bakalářské práce

Moštěk, P. *Fotovoltaická elektrárna 5 kW_p : bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2016, 41 s. Vedoucí práce: Vrtek, M.

Bakalářská práce se zabývá seznámením s fotovoltaikou a návrhem fotovoltaické elektrárny s výkonem 5 kW_p. Pro lepší představu jsem využil informací a reálných dat o fotovoltaické elektrárně VŠB – TUO s výkonem 350 kW_p.

Annotation of Bachelor thesis

Moštěk, P. *Photovoltaic Power Plant 5 kW_p : Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2016, 41 p. Thesis head: Vrtek, M.

Bachelor thesis is dealing familiarization with photovoltaics and design of photovoltaic power plants with power 5 kW_p. For a better idea, I used real data and information about FV power plant VŠB – TUO with power 350 kW_p.

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu práce doc. Ing. Mojmiru Vrtkovi, Ph.D..
Dále děkuji Ing. Michalu Skřépkovi, Ph.D. za informace, které mi poskytl. Děkuji
své rodině za podporu a trpělivost.

Seznam použitých značek a symbolů

n	počet FV panelů (-)
P_e	zadaný výkon FVE (W)
P_{max}	maximální výkon na FV článku (W)
P_i	instalovaný výkon FVE (W)
W_{ir}	vyjadřuje instalované roční množství vyrobené energie (kWh)
E_d	průměrná denní produkce elektřiny z daného systému (kWh)
E_m	průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)
E_{mk}	korigovaná měsíční energie účinností FV panelu (kWh)
E_r	vyjadřuje roční množství vyrobené energie (kWh)
H_d	průměrné denní globálního záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)
H_m	průměrné měsíční globální záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)
H_r	průměrné měsíční globální záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)
k_r	koeficient ročního využití (%)
η	účinnost (%)
α	úhel sklonu FV panelů (°)
h	Planckova konstanta ($h = 6,6 \cdot 10^{-34}$ Js)
$E_{0\lambda}$	spektrální hustota zářivého toku dokonale černého tělesa (Wm ⁻³)
λ	vlnová délka (m)
T	teplota zářiče (K)
k	Boltzmannova konstanta ($k = (1,38054 \pm 0,00018) \cdot 10^{-23}$ JK ⁻¹)
c	rychlost světla ve vakuu ($c = 299\,792\,458$ m/s)
Si	křemík
H	vodík
He	hélium
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
SiO ₂	oxid siřičitý
NO _x	oxidy dusíku
TL	tuhé látky
OL	organické látky
AC	střídavý proud
DS	distribuční síť
DC	stejnoseměrný proud

FV	fotovoltaika
FVE	fotovoltaická elektrárna
HR	hlavní rozvaděč
KS	kabelová skříň
nn	nízké napětí
OZE	obnovitelné zdroje energie
RD	rodinný dům
ER	elektroměrový rozváděč

Obsah

0. Úvod.....	11
1. Výroba elektrické energie fotovoltaickým článkem.....	11
1.1. Slunce.....	11
1.2. Fotonvoltaický jev.....	15
1.3. Fotonvoltaika.....	17
1.3.1. Výhody.....	17
1.3.2. Nevýhody.....	18
1.3.3. Fotonvoltaické systémy.....	18
1.3.4. Druhy fotonvoltaických článků.....	18
1.3.5. Rozdělení z hlediska připojení do sítě.....	18
1.3.6. Vývoj Fotonvoltaiky.....	19
1.3.7. Panely s monokrystalickými články.....	19
1.3.8. Solární panely s polykrystalickými články.....	20
1.3.9. Solární panely s amorfními články.....	20
2. Fotonvoltaická elektrárna VŠB – TUO (350kW).....	20
3. Perspektiva fotonvoltaiky.....	23
3.1. Fotonvoltaika v České republice.....	23
3.2. Fotonvoltaika v roce 2016 ve světě.....	24
4. Návrh malé fotonvoltaické elektrárny 5 kWp.....	25
4.1. Volba fotonvoltaického systému.....	25
4.2. Odhady PVGIS pro výrobu solární elektřiny.....	26
4.3. Prvky a schéma fotonvoltaického systému.....	35
4.4. Zhodnocení ekonomické.....	36
4.5. Zhodnocení environmentální.....	38
5. Závěr.....	39
6. Použitá literatura.....	40
7. Seznam příloh.....	42

0. ÚVOD

Fotovoltaické elektrárny se řadí mezi ekologicky čisté zdroje energie. Jejich výroba a následná likvidace už tak ekologická nebývá, ale provoz je ekologický a bezhlučný. Potřebují pro svou činnost relativně velkou plochu. Dodávky z fotovoltaických elektráren nejsou stabilní, závisí na intenzitě slunečního záření.

Ve své bakalářské práci popisuji, jak se vyrábí elektrická energie fotovoltaickými články. Seznámím Vás s fotovoltaickou elektrárnou VŠB o výkonu 350 kW_p. Sám potom navrhnu fotovoltaickou elektrárnu o výkonu 5 kW_p. Při svém návrhu využiji dat a informací z elektrárny VŠB. Porovnáám výnosy elektrické energie při třech různých sklonech fotovoltaických panelů – 25°, 35° a 45°.

1. Výroba elektrické energie fotovoltaickým článkem

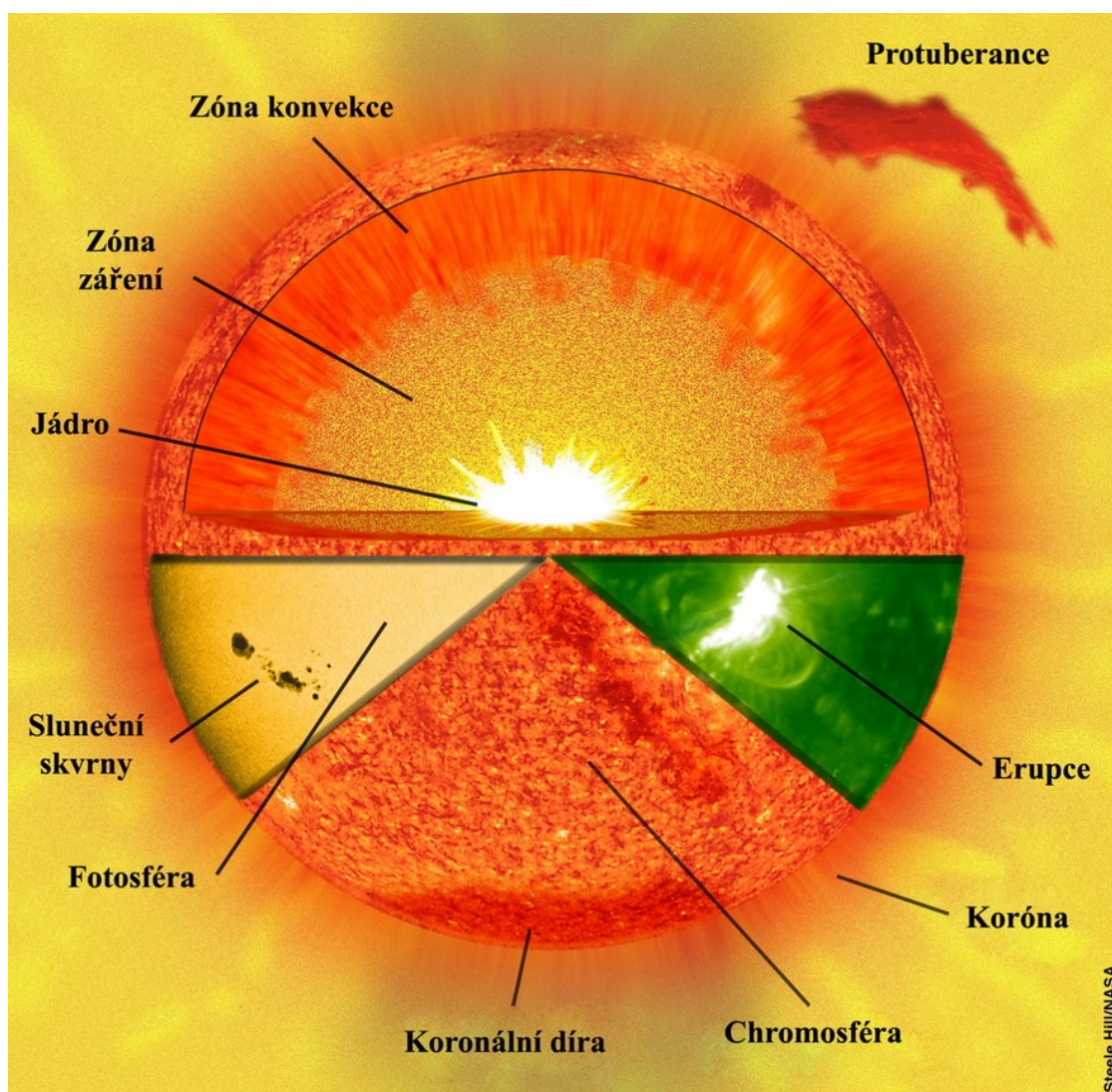
1.1. Slunce

Slunce je hlavní zdroj energie na zemi, pro fotovoltaiku se využívá pouze přímé sluneční záření.

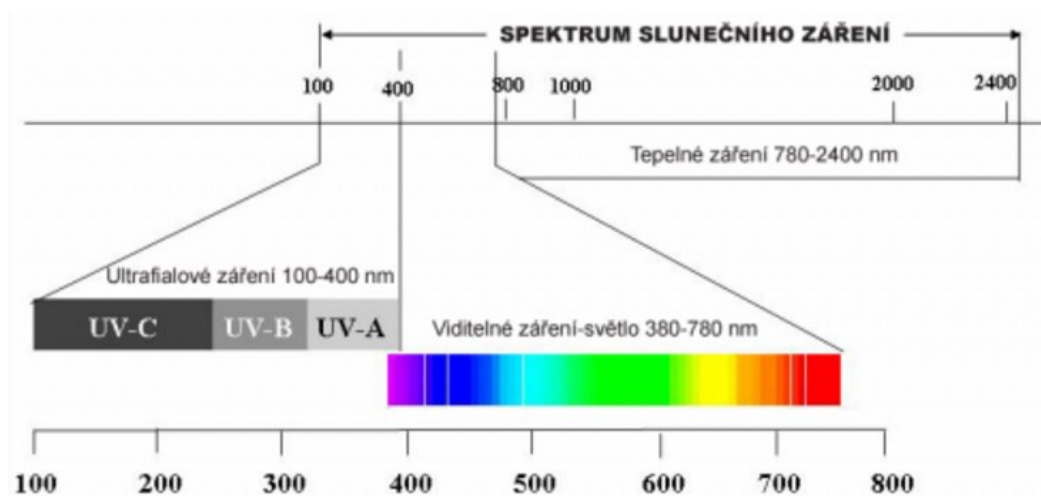
Zdrojem sluneční energie je sluneční jádro tvořené z 92% vodíkem a asi 8% helia, ve kterém probíhá termonukleární reakce. Za vysokých teplot a tlaků se slučují jádra vodíku a helia – $4\text{H} \rightarrow \text{He}$, uvolní energii asi 28 MeV a celková uvolněná energie je $3,85 \cdot 10^{26}$ W - zářivý tok slunce. Teplota v jádru slunce je asi 15 MK a na povrch 5,7 kK.

Využití sluneční energie:

- 31% se odrazí od vrchní vrstvy atmosféry
- 17,5% pohltí atmosféra
- 32,7% dopadne na povrch oceánů
- 4,3% se odrazí od pevniny
- 14,4% pohltí pevnina
- 0,1% se využije pro fotosyntézu – až 172 TW



Obr. 1 Řez sluncem [14]

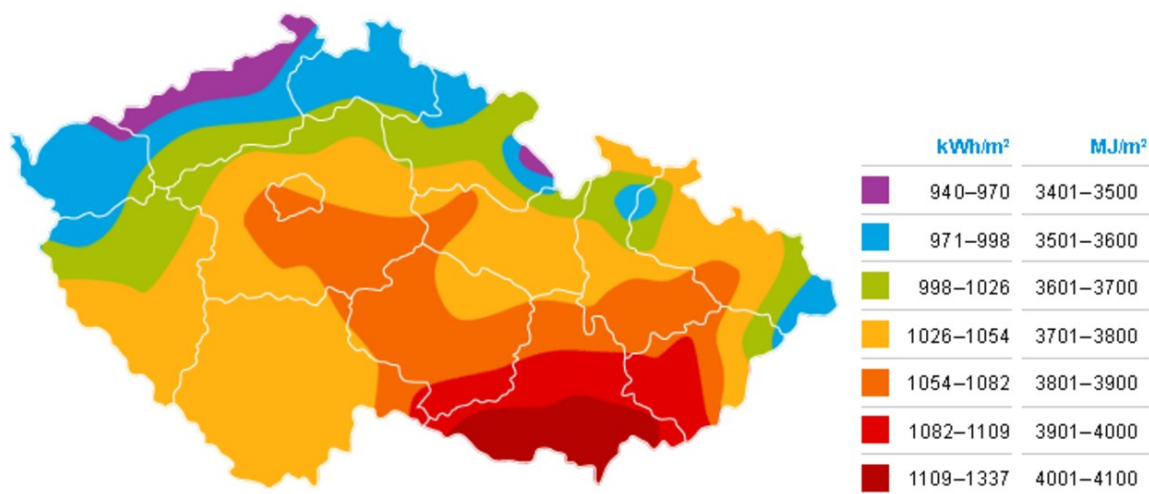


Obr. 2 Spektrum slunečního záření. [15]

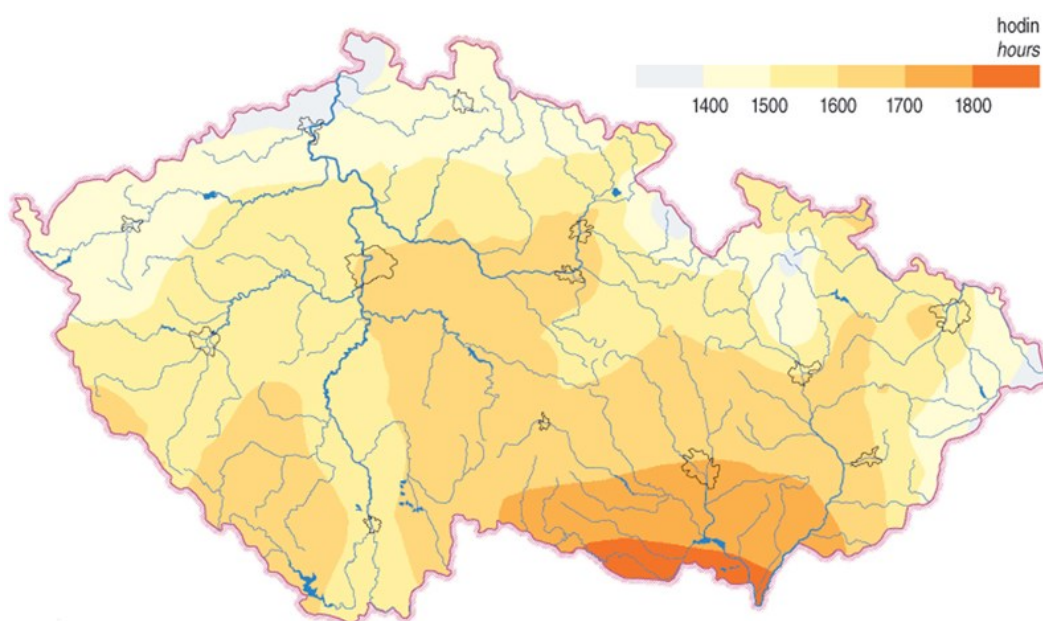
Slunce vyzařuje svoji energii v závislosti na vlnové délce podle Planckova vyzařovacího zákona s předpokládanou povrchovou teplotou cca 6000 K.

Planckův zákon:

$$E_{\alpha\lambda} = \frac{dE_o}{d\lambda} = f(\lambda, T) = c^2 h \frac{2\pi \lambda^{-5}}{e^{ch/k\lambda T} - 1} \quad (1)$$



Obr. 3 Mapa Průměrné roční intenzity slunečního svitu v ČR. [7]

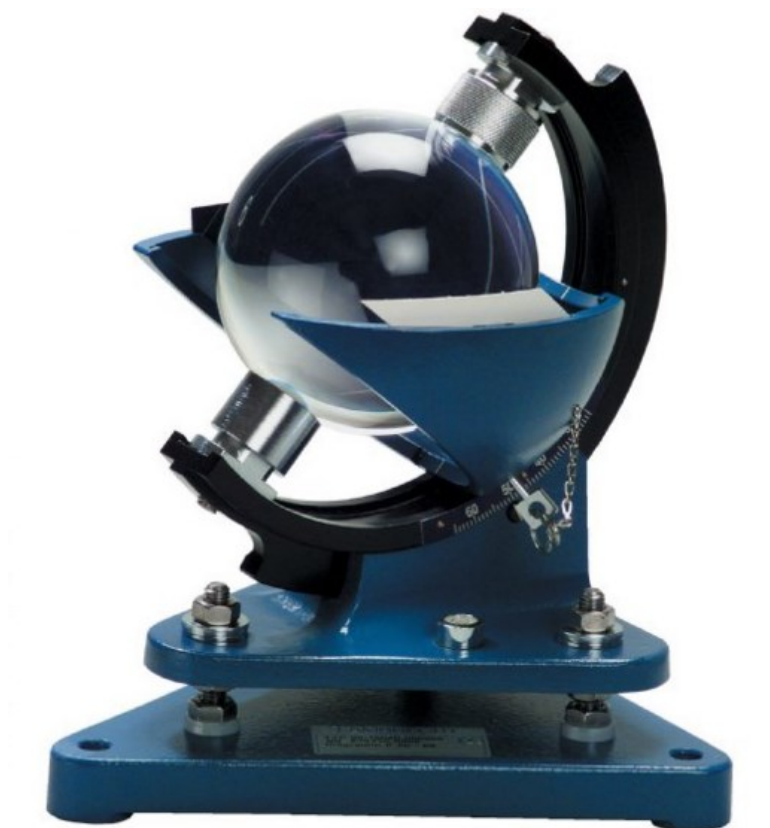


Obr. 4 Mapa trvání slunečního svitu v ČR. [8]

Délka slunečního svitu udává počet hodin za rok (měsíc, den), kdy přímé sluneční záření dopadá na zemský povrch. Tato doba závisí na ročním období (délce dne), a na oblačnosti nebo smogu v místě měření. K měření slunečního svitu se používají slunoměry – heliografy.

Některé typy slunoměrů:

- **Campbellův-Stokesův slunoměr** – soustřeďuje sluneční paprsky do koulí a v jejich ohnisku je umístěn registrační pásek, který je propalován. Pásek je z kartonu a je značen po půlhodinách (obr. 5)
- **Marvinův slunoměr** – zaznamenává sluneční záření registračním kontaktním elektrickým teploměrem
- **Jordanův slunoměr** – exponuje sluneční záření na fotografický papír
- **Osvitoměr** – malý fotovoltaický panel měří osvit (obr. 6)



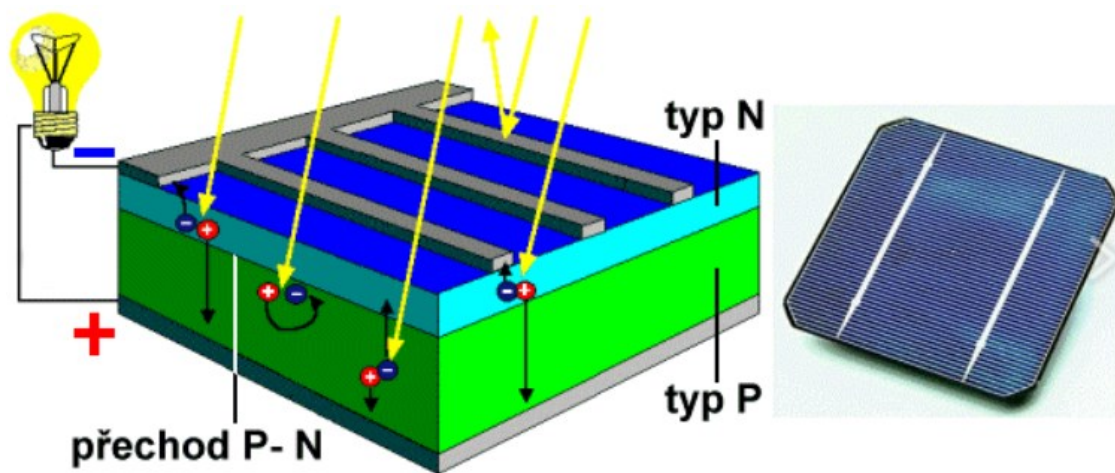
Obr. 5 Campbellův-Stokesův slunoměr [13]



Obr. 6 Fronius senzor intenzity osvitu [21]

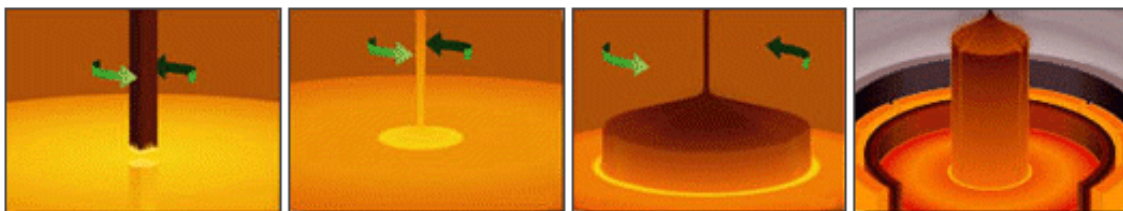
1.2. Fotovoltaický jev

V roce 1839 pozoroval Edmond Becquerel vznik elektrického napětí mezi osvětlenými elektrodami a asi netušil o významu svého objevu.



Obr. 7 Řez fotovoltaickým článkem [6]

Nejvhodnějším materiálem pro výrobu fotovoltaických článků je křemík (Si). Křemík je druhý nejrozšířenější prvek na Zemi, dovednosti v jeho zpracování jsou na velmi vysoké pro potřeby mikroelektroniky. Různými metodami v současné době můžeme získat křemíkové krystaly maximální čistoty - až 99,99998 %. [9], [10]



Obr. 8 Výroba monokrystalu křemíku [6]

Fotony musí mít dostatečnou energii. Fotony, které jsou částice záření, tak jejich energie závisí na vlnové délce. Čím kratší je vlnová délka, tím větší energii mají fotony. Aby se z krystalické mřížky křemíku uvolnily elektrony, musí mít fotony záření energii minimálně 1,12 eV. Energii 1,12 eV odpovídá mezní vlnová délka 1105 nm (infračervené záření). Fotony záření s kratší vlnovou délkou jako je viditelné světlo mají dostatek energie a elektrony se uvolní z mřížky. Při záření s větší vlnovou délkou než 1105 nm fotovoltaický jev nenastane.

Základem fotovoltaického článku jsou vlastnosti polovodičů typu P a N a také na funkce přechodu PN. Solární článek je velká plochá polovodičová dioda a přechod PN je tak zkonstruován, že na něj může dopadat světlo. Základem článku je z 90% plátek krystalického křemíku typu P s příměsí bóru, spodní strana článku je potištěna vodivou stříbrnou mřížkou. Na horní ploše plátku se difuzí fosforu, vytvoří asi 500 nm tlustá vrstvička polovodiče typu N. Na této vrstvičce, jsou vytvořeny úzké vodivé kontakty. Ve vrstvě typu N je přebytek záporných elektronů a ve vrstvě P je jejich množství nedostatečné a tím vznikají kladné díry. Mezi vrstvami typu P a N vznikne PN přechod, který zabraňuje volnému přechodu elektronů a zpět zaplnit díry volnými elektrony. Na přechodu PN se vytvoří v jednom směru elektrická bariéra. Přechod PN má základní vlastnost, že volné elektrony mohou přecházet z vrstvy P do vrstvy N, ale ve směru N P elektrická bariéra. [6], [10]

Přechod PN odděluje kladné a záporné náboje. Při dopadu světla na povrch fotočlánku, fotony předávají svou energii atomům v krystalové mřížce křemíku a z ní uvolňují elektrony. Pokud by mezi oběma vrstvami nebyla bariéra přechodu PN, elektrony by přecházely v krystalu křemíku volně z místa přebytku, do místa nedostatku a fotočlánek by se nestal zdrojem napětí. Elektrony uvolněné v horní vrstvě polovodiče N nepřechází do vrstvy P a hromadí se ve vrstvě N. Elektrony uvolněné světlem ve vrstvě P, mohou proudit přechodem PN do vrstvy N a počet volných elektronů se v ní stále zvyšuje. Tím, že se nahromadí volné elektrony, vzniká mezi horní a dolní vrstvou elektrické napětí o velikosti asi 0,6 V. Pokud připojíme mezi kontakty fotočlánku spotřebič (žárovka – obrázek 7), pak vznikne uzavřený elektrický obvod. Elektrony procházejí přes spotřebič a obvodem prochází elektrický

proud. Prvotním zdrojem energie v tomto elektrickém obvodu je Slunce. Slunce předává část své energie záření elektronům krystalové mřížky FV článku. Na článku se v obvodu udrží napětí do té doby, dokud na povrch fotočlánku dopadá světlo. [6]

Teorie vs. realita

Pro vznik fotovoltaického jevu, je nutné, aby fotony měli energii minimálně 1,12 eV.

Pokud má foton menší energii než 1,12 eV, není absorbován křemíkem a prochází jím.

Pokud má foton energii 1,12 eV, křemík jej absorbuje a v krystalu vznikne jedna kladná díra a volný elektron.

Pokud má foton větší energii než 1,12 eV, způsobí vznik díry a elektronu. Energie, která zbude, se přemění na teplo. Polovodič zahříváním vykazuje ztráty, které snižují účinnost přeměny energie.

99 % používaných fotočlánků je vyrobeno z křemíku.

Teoreticky lze fotočlánkem přeměnit na elektřinu maximálně 50 % energie světla, ale v praxi se je účinnost maximálně 25%.

Fotovoltaický panel o ploše 1 m² může mít v České republice výkon až 150 W.

1.3. Fotovoltaika

1.3.1. Výhody

- Využití nevyčerpatelného zdroje
- Provoz bez emisí
- Provoz bez hluku
- Jednoduchá instalace
- Bezobslužná jednoduchá automatická regulace
- Vysoká provozní spolehlivost
- Nízké provozní náklady
- Plošná dostupnost sluneční energie

1.3.2. Nevýhody

- Nízká roční intenzita slunečního záření
- Krátká roční doba slunečního svitu
- Vysoké kolísání intenzity záření v průběhu roku
- Nízká účinnost článků, proto musí být velká plocha článků
- Vysoké investiční náklady
- Nízká životnost v poměru k ceně (20 let)
- Nutný záložní zdroj
- Nestabilní dodávky energie
- denní a sezónní nesoulad – nabídky a poptávky

1.3.3. Fotovoltaické systémy

Základem fotovoltaických systémů jsou fotovoltaické články. Fotovoltaické články slouží k přeměně slunečního záření na elektrickou energii. Na svorkách fotovoltaických článků je stejnosměrné napětí.

1.3.4. Druhy fotovoltaických článků

- Články z amorfního křemíku
- Články monokrystalické křemíkové
- Články polykrystalické křemíkové
- Články z arzenidu galia
- Články z organických materiálů
- Články tenkovrstvé

1.3.5. Rozdělení z hlediska připojení do sítě

- Autonomní systémy
- Hybridní systémy
- Systémy přímo napojené na síť (bez akumulátoru)

1.3.6. Vývoj fotovoltaiky

- „**1839** A. E. Becquerel poprvé pozoroval přímou přeměnu záření na elektřinu, objevil fotovoltaický jev.
- **1839** W. Smith objevil závislost odporu selenu na osvětlení.
- **1876** Adams a Day pozorovali fotovoltaický jev na krystalu selenu.
- **1916** Jan Czochralski vynalezl metodu získávání velkých monokrystalů, která se stala základem výroby křemíkových ingotů
- **1932** Audobert a Stora pozorovali fotovoltaický jev na sirníku kademnatém CdS.
- **1950** Průmyslové zavedení výroby křemíkových monokrystalů Czochralského metodou.
- **1954** Ve firmě Bell Telephone byl vyroben první křemíkový fotovoltaický článek s účinností přeměny asi 4 %
- **1958** Byla vypuštěna první umělá družice s přístroji napájenými z fotovoltaických článků (Vanguard I).
- **1960** Účinnost nejlepších fotovoltaických článků dosáhla 14 %.
- **1963** Japonský maják byl vybaven fotovoltaickým zdrojem o výkonu 242 W - v té době šlo o rekordní výkon.
- **1982** Ve světě pracovaly fotovoltaické systémy o celkovém výkonu 9,3 MW.
- **2002** Ve světě pracovaly fotovoltaické systémy o celkovém výkonu 562,5 MW. Téměř polovina těchto systémů je v provozu v Japonsku.“ [6]

1.3.7. Panely s monokrystalickými články

Výhodou těchto panelů je vysoká účinnost a dlouhá životnost. Panely s monokrystalickými články jsou u nás nejčastěji používané. Krystaly křemíku jsou větší než 10 cm a vyrábí se tažením křemíku ve formě tyčí o průměru až 300 mm. Tyto křemíkové monokrystaly se pak na tenké plátky. Účinnost těchto FV článků se pohybuje v rozmezí 13 až 17%, ve výjimečných s použitím koncentrátů případech až 30%.

1.3.8. Solární panely s polykrystalickými články

Základem je, stejně jako u monokrystalických panelů, křemík ale není kladen požadavek na monokrystal a tím se snižují i výrobní náklady. Jejich výroba je mnohem jednodušší v porovnání s monokrystalickými panely, tedy i rychlejší a levnější. FV články se skládají z většího počtu menších polykrystalů. Účinnost těchto článků se pohybuje od 11 do 15% (laboratorně až 16%).

1.3.9. Solární panely s amorfními články

Základem amorfních FV panelů je napařovaná křemíková vrstva. Tenká vrstva je nanášena na sklo nebo fólii. Účinnost těchto článků je nižší, pohybuje se okolo 7 až 10%. Pro dosažení daného výkonu je potřeba mnohem větší plocha. Nevýhodou je podobně jako u polykrystalických vysoká degradace článků v průběhu času. Tyto typy jsou v současné době na trhu nejlevnější a výhodné jsou především tam, kde provozovatel není omezen prostorem. [11], [26]

2. Fotovoltaická elektrárna VŠB – TUO (350kW)

Informace mi poskytl:

Ing. Michal Skřépek, Ph.D.

Vedoucí oddělení monitoringu a optimalizace obnovitelných zdrojů

Vedoucí oddělení informačních technologií VEC

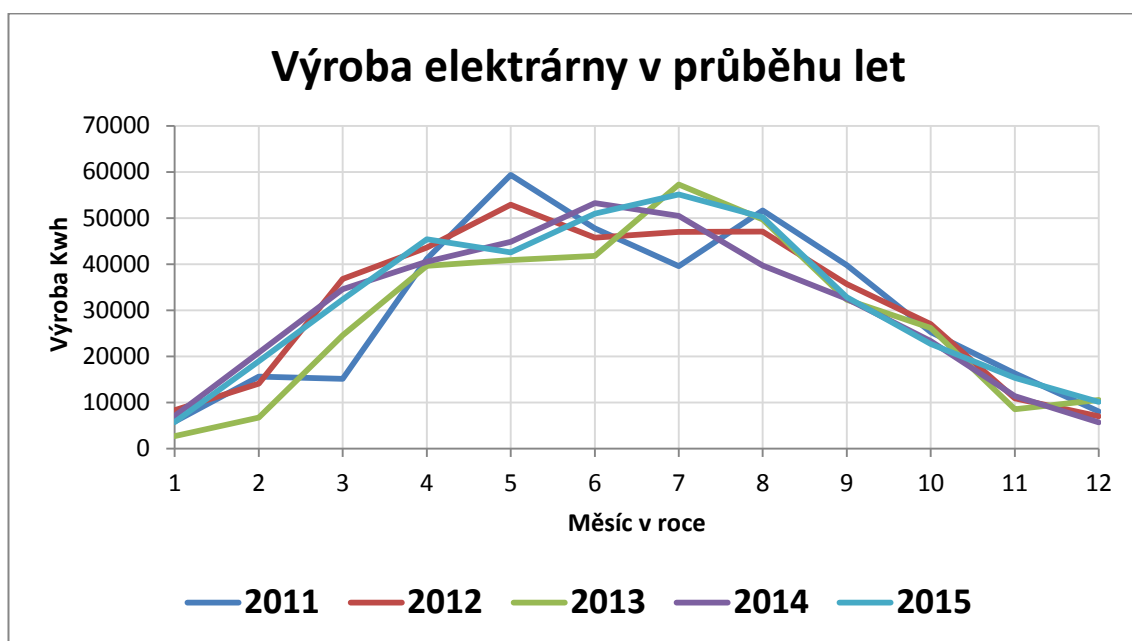
Z výzkumného energetického centra VŠB – TUO jsem získal informace o provozu fotovoltaické elektrárny VŠB – TUO. Fotovoltaická elektrárna má projektovaný špičkový výkon 350 kW. Uvedena do provozu byla v roce 2010. Tato elektrárna je monitorována VEC a má možnost být dálkově vypnuta z dispečinku umístěného na VEC. Důvody možnosti dálkového vypnutí vyplývají z principu a podmínek provozování lokální distribuční sítě, do které je elektrárna zařazena. Fotovoltaická elektrárna je osazená polykrystalickými fotovoltaickými články se sklonem 25° s účinností panelů 13,8%. Fotovoltaické panely jsou nainstalované na pevno. [16]

Pro představu přikládám katalogový list použitého fotovoltaického panelu BP 3230T v příloze A.

Z voltampérové charakteristiky panelu BP 3230T (obrázek 29) je zřejmé, že účinnost panelu je závislá nejen na osvit, ale i na teplotě. Chladný panel má větší účinnost než přehřátý při provozu v letním počasí.

Do systému elektrárny je implementováno čidlo osvitů Fronius viz obr. 6. Čidlo je malý fotovoltaický článek (110 mm x 40 mm x 40 mm) o napětí 70 mV při 1000 W/m². Toto čidlo se využívá pro okamžité vyhodnocování intenzity slunečního záření a porovnávání s výrobou měniče a poskytuje přehled o správném fungování fotovoltaického systému. Čidlo se připevní na rám vedle hlavních panelů.

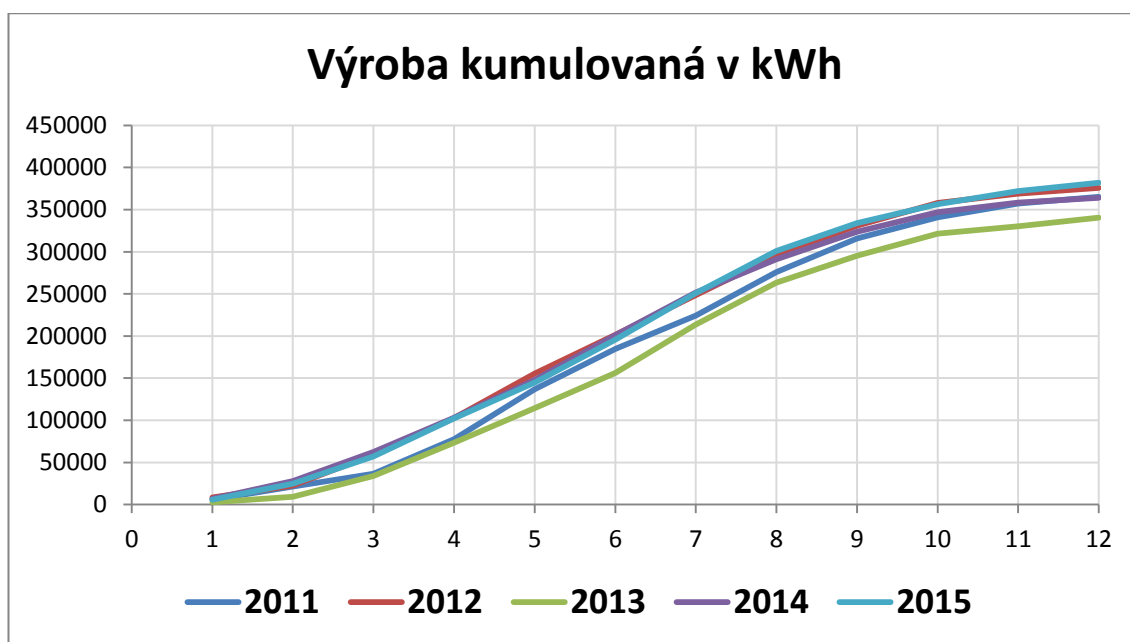
Měření výkonu elektrárny se provádí na nízkém napětí v rozvaděči za měničem.



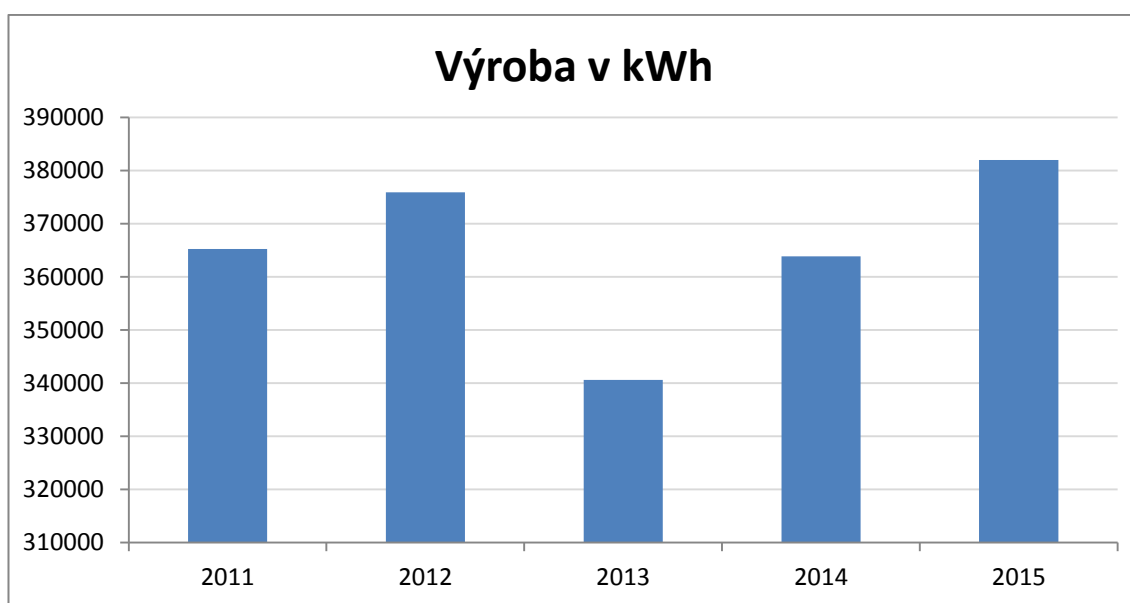
Obr. 11 Výroba elektrické energie v letech 2011-2015 elektrárny VŠB. [16]

V roce 2015 byla největší výroba elektrické energie v červenci 55088 kWh, nejvíce vyrobila v roce 2011 v květnu 59317 kWh.

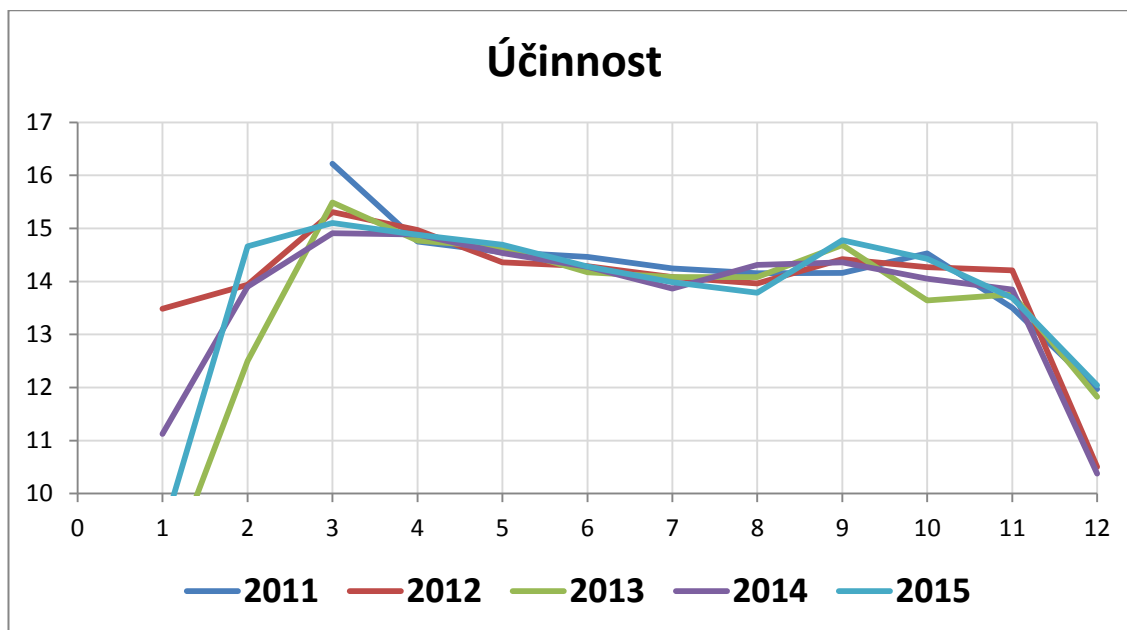
V roce 2015 vyrobila elektrárna 381974 kWh a to bylo i nejvíce za posledních pět let viz grafy obr. 12 a obr. 13. [16]



Obr. 12 Kumulovaná výroba elektrické energie v letech 2011-2015 [16]



Obr. 13 Porovnání výroby elektrické energie v letech 2011-2015 [16]



Obr. 14 Účinnost elektrárny v jednotlivých letech 2011-2015 [16]

Z grafu na obrázku obr. 13 je zřejmé, že největší účinnost elektrárny je v březnu a to přes 15%. Panel je v březnu dobře chlazen ovzduším a nepřehřívá se a tím je jeho účinnost vyšší a zároveň v březnu už je dostatečná intenzita přímého slunečního záření.

3. Perspektiva fotovoltaiky

3.1. Fotovoltaika v České republice

V současné době je v české republice útlum rozvoje a budování fotovoltaických elektráren. Naše legislativa již neumožňuje tak výhodný odkup této čisté energie jako tomu bylo v minulých letech. Zlom nastal na začátku roku 2013, kdy FVE nově uvedené do provozu jsou značně znevýhodněné oproti starším provozovnám. Naopak chystá se další zdanění výnosů z této energie.

Ke konci roku 2015:

Instalovaný výkon v ČR 2140 MW to je 10,2% z celkového instalovaného výkonu 21,1 GW. Výroba elektrické energie ze solárních elektráren je asi 2,4% 2,1 TWh z vyrobených 88 TWh za rok. Fotonvoltaických provozoven bylo 2134. Plocha kolektorů slunečních elektráren je asi 50 km².

3.2. Fotovoltaika v roce 2016 ve světě

Podle přední americko-indické poradenské společnosti Mercom Capital Group (MCG) čeká světovou fotovoltaiku v roce 2016 další dynamický růst. Světový fotovoltaický trh vzrostl o 57,8 GW. A v roce 2016 bude další růst fotovoltaického globálního trhu až do výše 64,7 GW. Nejperspektivnějšími trhy pro fotovoltaiku budou Čína, USA a Japonsko. Tyto země budou představovat 65% nových FV instalací ve světě.

Čína bude lídrem na trhu. V Číně bylo v roce 2015 instalováno téměř 15 GW nových fotovoltaických elektráren. Předpokládá se, že roce 2020 bude v Číně ve fotovoltaice instalovaný výkon až 200 GW. Podle analýzy MCG budou mít největší rozvoj v Evropě v roce 2016 trhy Velká Británie, Francie a Německo.

V Británii je však růst nejistý, protože od února 2016 budou platit snížené výkupní ceny (FIT) až o 64 % oproti současnosti. V současné době britská vláda zavádí „finanční strop“ pro vyplácení podpory - 100 milionů liber ročně. [12]

Global PV Demand 2005-2020E



Obr. 15 Růst instalovaného výkonu ve světě podle analytiků společnosti GTM Research [12]

4. Návrh malé fotovoltaické elektrárny 5 kWp

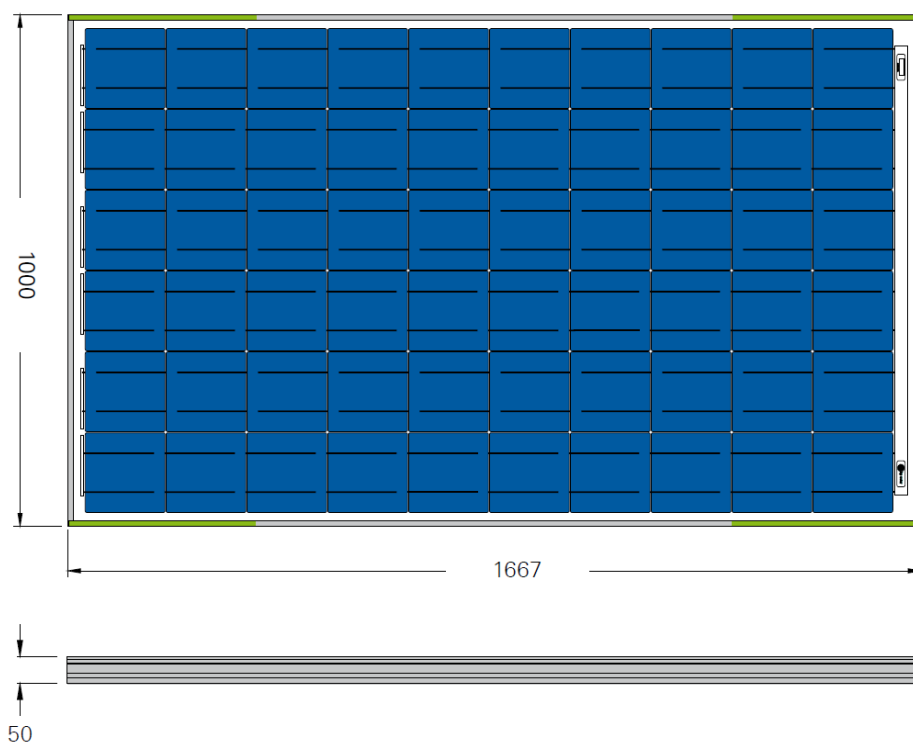
4.1. Volba fotovoltaického systému

Návrh elektrárny bude porovnán s fotovoltaickou elektrárnou VŠB, ke které mám k dispozici podrobné podklady. Použiji tedy i stejné fotovoltaické panely BP 3230T, které jsou použity na elektrárně VŠB. Maximální výkon těchto panelů je $P_{\max}=230$ W.

$$n = P_e / P_{\max} = 5000 / 230 = 21,74 = \mathbf{22 \text{ panelů.}} \quad (2)$$

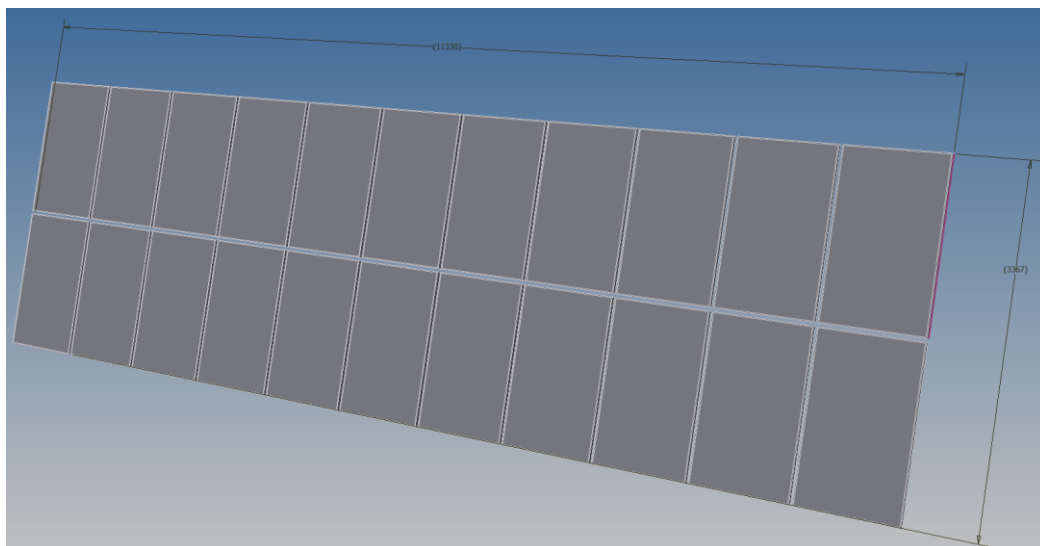
$$P_i = n \cdot P_{\max} = 22 \cdot 230 = \mathbf{5060 \text{ W}_p} \quad (3)$$

Z vnějších rozměrů článku, které jsou na obrázku 16, určíme celkovou potřebnou plochu k zástavbě.



Obr. 16 Základní rozměry fotovoltaického článku BP 3230T

Dispozice a rozvržení solárních panelů je 11330 mm x 3367 mm. Systém bude nainstalován na střeše domu, ve kterém bydlím: Kozlovská 37, Přerov, 49°27'16" severní šířky, 17°27'36" východní délky, Nadmořská výška: 212 m. sada solárních panelů bude upevněna na střechu pomocí kovové nosné konstrukce.



Obr. 17 Rozvržení článků BP 3230T

4.2. Odhady PVGIS pro výrobu solární elektřiny

Ze serveru <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> získáme výsledky o intenzitě slunečního záření a výkonu zadané FVE při různých úhlech naklopení solárního panelu.

Zadání pro PVGIS:

Poloha: Přerov, 49°27'16" severní šířky, 17°27'36" východní délky, Nadmořská výška: 212 m

Databáze Sluneční záření použít: PVGIS-CMSAF

Jmenovitý výkon FV systému: 5,06 kW

Odhadované ztráty v důsledku teploty a nízké intenzity záření: 12,3%

Odhadovaná ztráta v důsledku úhlových odrazových účinků: 3,1%

Ostatní ztráty (kabely, měnič atd.): 14,0%

Kombinované ztráty systému PV: 26,9%

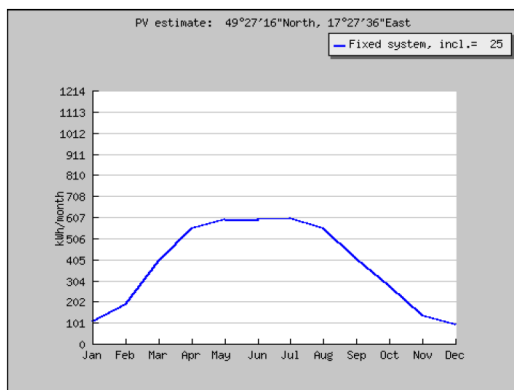
Orientace panelu jihozápad: 50°

E_d	průměrná denní produkce elektřiny z daného systému (kWh)
E_m	průměrná měsíční výroba elektřiny z daného systému (kWh)
E_{mk}	korigovaná měsíční energie účinností FV panelu (kWh)
E_r	vyjadřuje roční množství vyrobené energie (kWh)
H_d	průměrné denní globálního záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)
H_m	průměrné měsíční globální záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)
H_r	průměrné měsíční globální záření na metr čtvereční z daného systému (kWh / m ²)

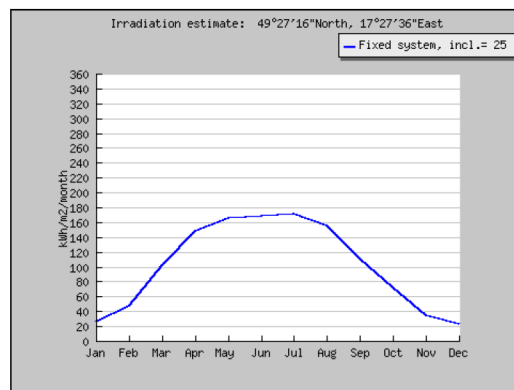
Tabulka 1 Dodaná energie a intenzita v průběhu roku s úhlem sklonu FV systému 25°.

[18]

	Fixed system: inclination=25 deg., orientation=50 deg.			
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.48	108	0.85	26.5
Feb	6.85	192	1.70	47.5
Mar	12.90	400	3.31	103
Apr	18.40	553	4.95	149
May	19.30	599	5.34	166
Jun	19.90	598	5.60	168
Jul	19.50	604	5.53	171
Aug	17.90	555	5.03	156
Sep	13.70	410	3.69	111
Oct	8.91	276	2.33	72.2
Nov	4.57	137	1.16	34.7
Dec	2.95	91.6	0.73	22.7
Year	12.40	377	3.36	102
Total for year		4520		1230



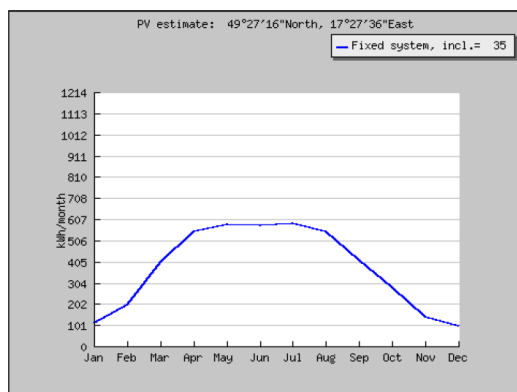
Obr. 18 Dodaná energie v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 25° [18]



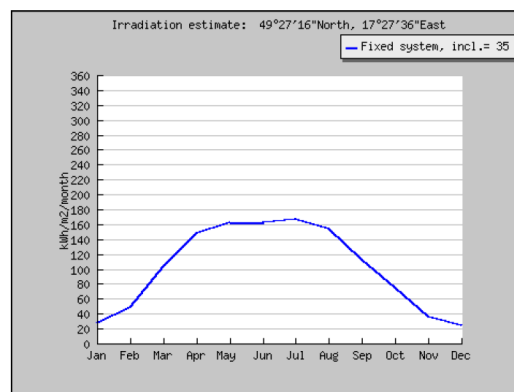
Obr. 19 Intenzita slunečního záření v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 25° [18]

Tabulka 2 Dodaná energie a intenzita v průběhu roku s úhlem sklonu FV systému 35°. [18]

	Fixed system: inclination=35 deg., orientation=50 deg.			
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.62	112	0.89	27.5
Feb	7.04	197	1.75	49.0
Mar	13.10	405	3.36	104
Apr	18.30	550	4.95	149
May	18.90	585	5.24	162
Jun	19.30	580	5.44	163
Jul	19.00	589	5.40	167
Aug	17.70	548	4.99	155
Sep	13.70	412	3.73	112
Oct	9.13	283	2.40	74.3
Nov	4.78	143	1.21	36.2
Dec	3.10	96.2	0.77	23.8
Year	12.30	375	3.35	102
Total for year		4500		1220



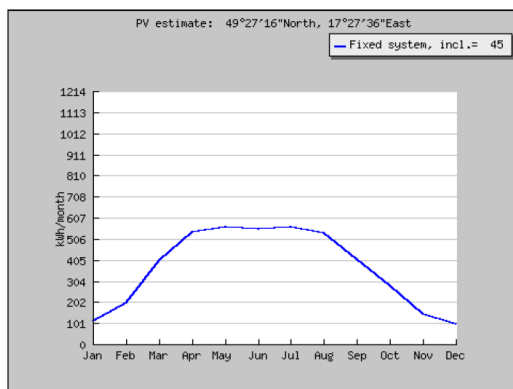
Obr. 20 Dodaná energie v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 35° [18]



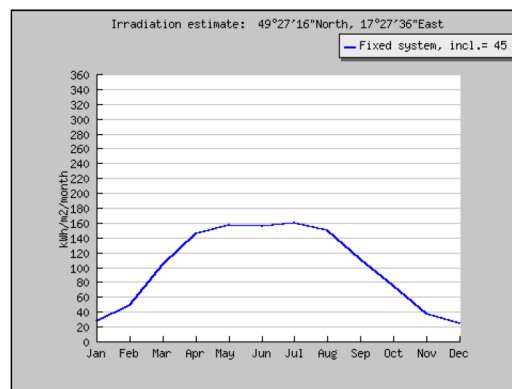
Obr. 21 Intenzita slunečního záření v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 35° [18]

Tabulka 3 Dodaná energie a intenzita v průběhu roku s úhlem sklonu FV systému 35°. [18]

	Fixed system: inclination=45 deg., orientation=50 deg.			
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.68	114	0.90	27.9
Feb	7.08	198	1.77	49.5
Mar	12.90	401	3.35	104
Apr	17.90	538	4.86	146
May	18.20	564	5.04	156
Jun	18.50	554	5.19	156
Jul	18.20	565	5.18	160
Aug	17.20	532	4.85	150
Sep	13.60	407	3.69	111
Oct	9.15	284	2.42	74.9
Nov	4.87	146	1.23	37.0
Dec	3.18	98.6	0.79	24.4
Year	12.10	367	3.28	99.7
Total for year		4400		1200



Obr. 22 Dodaná energie v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 45° [18]



Obr. 23 Intenzita slunečního záření v průběhu roku s úhlem sklonu Fotovoltaického systému 45° [18]

Pro sklon panelů:	$\alpha = 25^\circ$	je globální záření za rok	1230 kWh/m ²
		je vyrobené energie za rok	4520 kWh
	$\alpha = 35^\circ$	je globální záření za rok	1220 kWh/m ²
		je vyrobené energie za rok	4500 kWh
	$\alpha = 45^\circ$	je globální záření za rok	1200 kWh/m ²
		je vyrobené energie za rok	4400 kWh

Z těchto výsledků je zřejmé, že ze zvolených sklonů je optimální sklon $\alpha = 25^\circ$, který má největší globální intenzitu slunečního záření. Většinou bývá optimální sklon $\alpha = 35^\circ$, ale tím že jsou panely pootočený o 50° na západ, vychází vzhledem k celkové intenzitě slunečního záření lépe úhel sklonu panelu $\alpha = 25^\circ$.

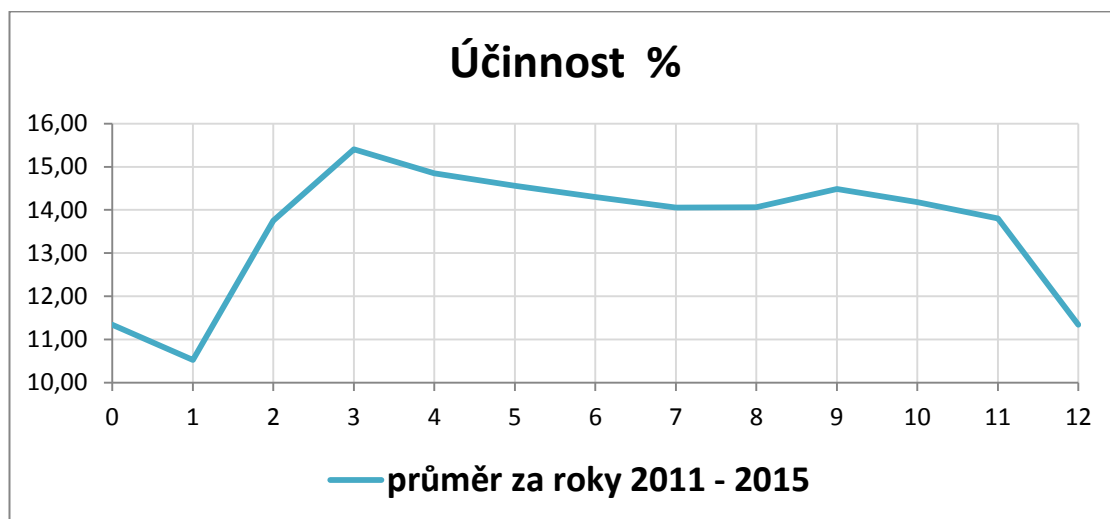
Pro sestrojení závislosti dodávek elektrárny na intenzitě slunečního záření využiji dat z elektrárny VŠB, která je osazena stejnými fotovoltaickými panely.

V tabulce 1 jsem vytvořil průměrnou hodnotu účinnosti v procentech za daný měsíc z let 2011 - 2015. Tento průměr následně využiji k sestrojení účinnostní křivky v průběhu celého roku.

Výpočet součinitele využití instalovaného výkonu:

$$W_{ir} = P_i \cdot \text{hod} = 5,06 \cdot 24 \cdot 365 = 44325,6 \text{ kWh} \quad (4)$$

$$k_r = E_r / W_{ir} = 4520 / 44325,6 = 0,102 = 10,2\% \quad (5)$$

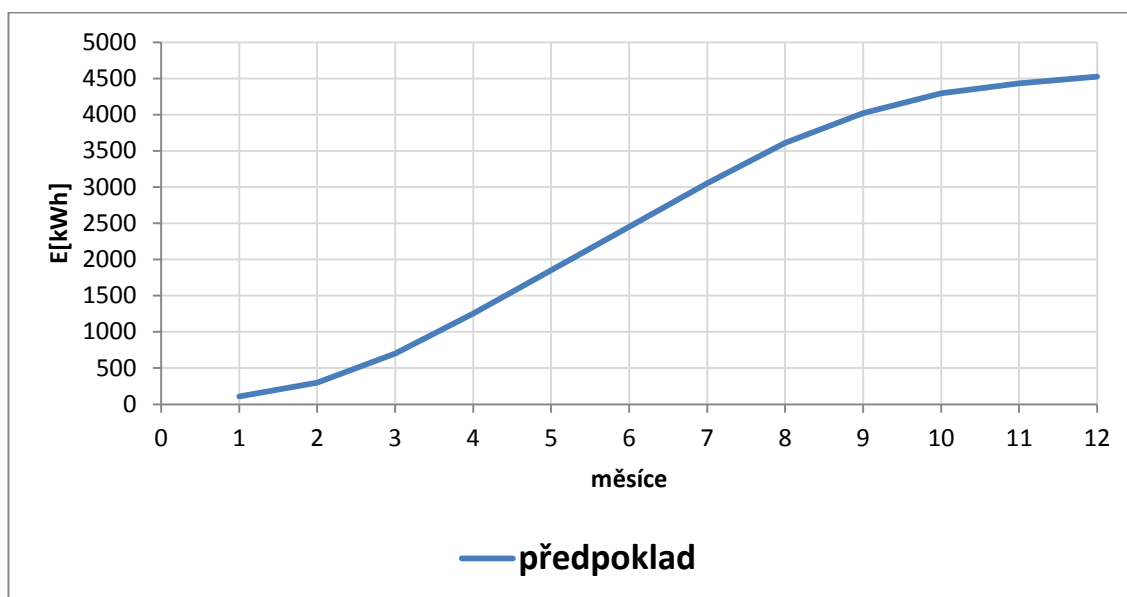


Obr. 25 Účinnost fotovoltaické elektrárny VŠB v průběhu roku.

Tabulka 4 Účinnost v procentech fotovoltaické elektrárny VŠB v průběhu roku

měsíce	2011	2012	2013	2014	2015	průměr za roky 2011 - 2015
0	11,97	10,50	11,83	10,37	12,04	11,34
1	-	13,48	8,25	11,12	9,25	10,53
2	-	13,94	12,50	13,90	14,66	13,75
3	16,22	15,31	15,49	14,91	15,10	15,41
4	14,75	14,97	14,77	14,89	14,88	14,85
5	14,55	14,36	14,65	14,53	14,69	14,56
6	14,47	14,29	14,17	14,27	14,28	14,30
7	14,24	14,08	14,08	13,86	13,99	14,05
8	14,15	13,96	14,08	14,31	13,79	14,06
9	14,16	14,42	14,69	14,36	14,78	14,48
10	14,53	14,27	13,64	14,05	14,43	14,18
11	13,50	14,21	13,76	13,85	13,69	13,80
12	11,97	10,50	11,83	10,37	12,04	11,34

Z tabulky 1 jsem sestrojil graf předpokládané kumulované obrázek 31 výroby elektrické energie v průběhu roku.

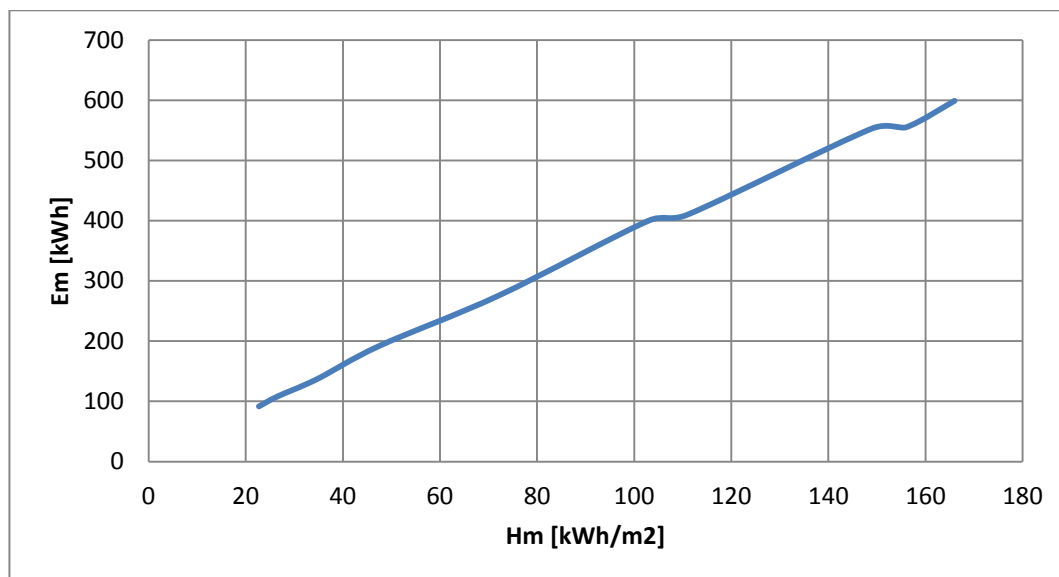


Obr. 26 Kumulovaná výroba elektrické energie fotovoltaické elektrárny v průběhu roku.

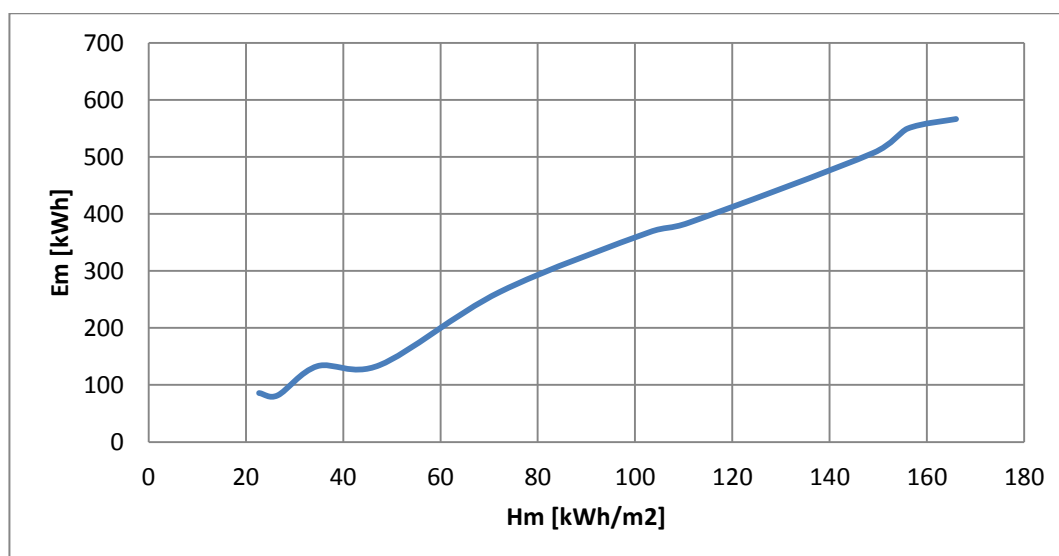
Tabulka 5 Předpokládaná závislost výkonu na intenzitě slunečního záření.

Měsíc	H_m	E_m	E_{mk}	η
	kW/m ²	kW	kW	%
1	26,5	108	86,07	11,34
2	47,5	192	142,08	10,53
3	103	400	387,91	13,8
4	149	553	534,35	13,75
5	166	599	596,90	14,18
6	168	598	647,59	15,41
7	171	604	614,61	14,48
8	156	555	579,18	14,85
9	111	410	405,10	14,06
10	72,2	276	277,36	14,3
11	34,7	137	140,18	14,56
12	22,7	91,6	90,44	14,05

Dále vytvoříme závislost výkonu fotovoltaické elektrárny na intenzitě slunečního záření. Porovnáme grafy bez přihlídnutí k účinnosti a s účinností. Využijeme průměrnou účinnost, kterou jsme si vy počítali z naměřených hodnot VŠB. Všechny potřebné hodnoty budou vloženy do tabulky 5 a následně budou vygenerovány dvě křivky.



Obr. 27 Měsíční závislost vyrobené energie na průměrném měsíčním globálním záření na metr čtvereční bez zohlednění účinnosti

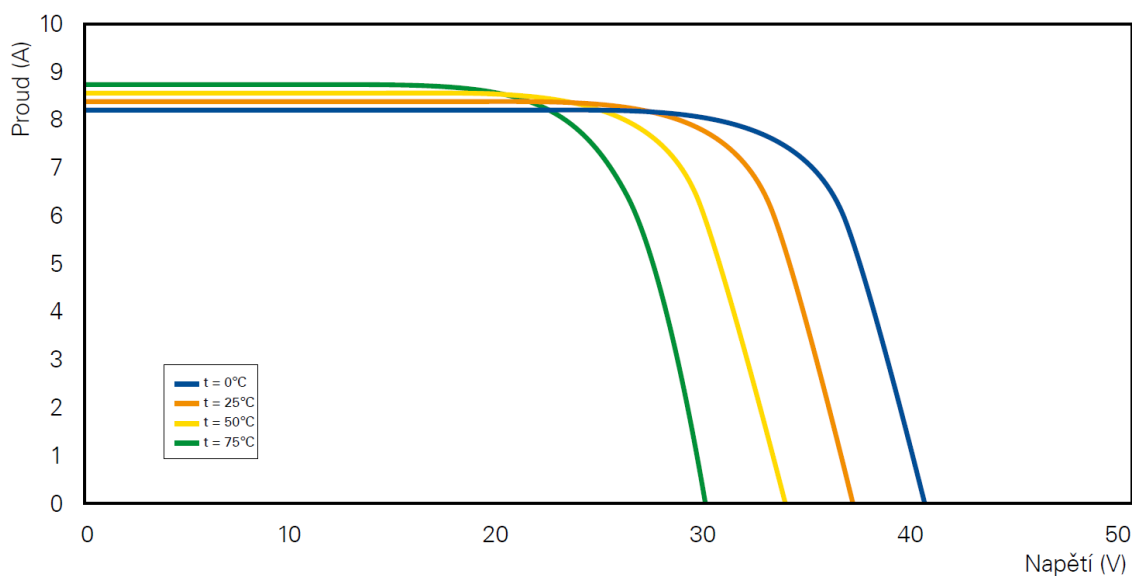


Obr. 28 Měsíční závislost vyrobené energie na průměrném měsíčním globálním záření na metr čtvereční se zohledněním účinnosti podle naměřených hodnot fotovoltaické elektrárny VŠB

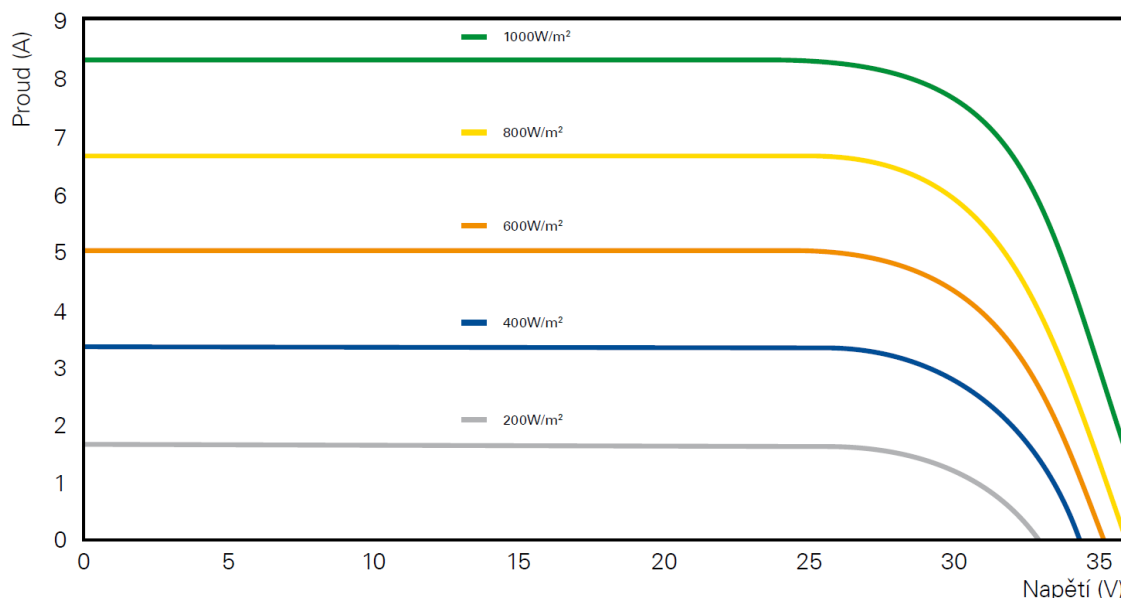
Z porovnání obou křivek plyne, že výkon je lineární pokud nepočítáme s účinností. Při uvažování účinnosti výkon neroste již lineárně a křivka ztrácí svou strmost, tím že účinnost se od určité hranice intenzity snižuje. Snižování účinnosti se projevuje nejvíce v teplých měsících, protože se panel zahřívá na vyšší teplotu a to jak teplotou okolí, tak slunečním svitem. Takže v měsících, kdy je intenzita slunečního záření nejvyšší má panel výrazně sníženou účinnost vlivem zvýšené teploty.

Z voltampérových charakteristik výrobce:

- Obrázek 29 ukazuje na voltampérové charakteristice jednoznačnou závislost výkonu na teplotě. Čím vyšší teplota tím menší výkon panelu.
- Obrázek 30 ukazuje na voltampérové charakteristice jednoznačnou závislost výkonu na intenzitě slunečního záření. Čím vyšší je intenzita slunečního záření tím vyšší výkon panelu. Panel BP 3230T má při teplotě 25° maximální výkon 230 W při osvitu 1000 W/m².



Obr. 29 Voltampérové charakteristiky v závislosti na teplotě panelu.



Obr. 30 Voltampérové charakteristiky v závislosti na intenzitě slunečního záření panelu

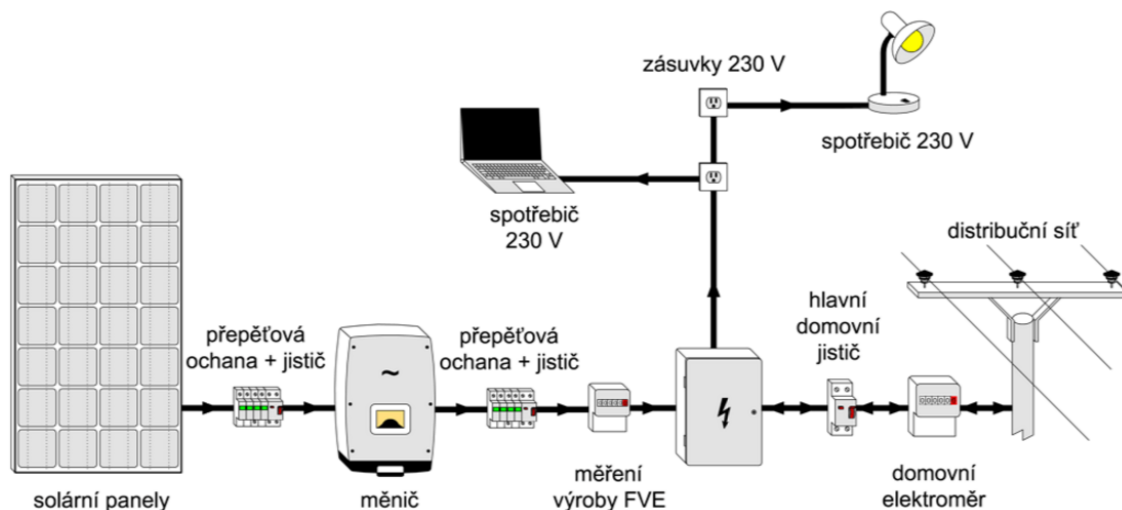
4.3. Prvky a schéma fotovoltaického systému

Původně jsem chtěl použít tzv. síťový systém ON-GRID, protože vyrobená elektrická energie bude vždy využita. Fotovoltaické panely vyrábí stejnosměrný proud, ten se přes měnič transformuje na napětí 230V a 50Hz. Elektrická energie je dodávána do rozvodné sítě prostřednictvím z rozvaděče. Ale cena vykupované elektrické energie z FV systémů je tak nízká, že by návratnost byla velice dlouhá.

Zvolím tedy jiný systém, který je v současné době nejvýhodnější pro provozovatele, který se rozhodne zprovoznit novou FVE. Všechno co panely vyrobí, se spotřebuje a přebytky se odprodají distributorovi. Použité komponenty pro realizaci FVE budou jednofázové.

Základní prvky fotovoltaického systému:

- Fotovoltaické panely BP 3230T (příloha A)
- Měnič Omnisksol-5k-TL2 (příloha B)
- Rozvaděč
- Kabelové propojení
- Elektroměr
- Měřicí prvky
- Jističe
- Wattrouter s řízením



Obr. 31 Náčrt toku elektrické energie v systému. [27]

4.4. Zhodnocení ekonomické

Z tabulky 6 vidíme, že naše legislativa již nepočítá od roku 2013 se zvýhodněním nově zprovozněných FVE. Proto bude nejlepší využít maximum z-toho co vyrobíme pro vlastní potřebu. Cena elektrické energie je 4,80 Kč/kWh. Z toho je pouze 30% za silovou elektřinu, zbytek jsou poplatky a distribuce. Odkup přebytků je za cenu asi 0,50 Kč/kWh což je vzhledem k ceně elektrické energie zanedbatelné.

Tabulka 6 Výkupní ceny a roční zelené bonusy pro rok 2016. [25]

ř./sl.	Podporovaný druh energie	Datum uvedení výroby do provozu		Instalovaný výkon výroby [kW]		Jednotarifní pásmo provozování	
		od (včetně)	do (včetně)	od	do (včetně)	Výkupní ceny [Kč/MWh]	Zelené bonusy [Kč/MWh]
a		b	c	d	e	l	m
500	Výroba elektřiny využitím slunečního záření	-	31.12.2005	-	-	7 717	7 067
501		1.1.2006	31.12.2007	-	-	16 194	15 544
502		1.1.2008	31.12.2008	-	-	15 794	15 144
503		1.1.2009	31.12.2009	0	30	14 819	14 119
504		1.1.2009	31.12.2009	30	-	14 710	14 060
505		1.1.2010	31.12.2010	0	30	13 801	13 101
506		1.1.2010	31.12.2010	30	-	13 692	13 042
507		1.1.2011	31.12.2011	0	30	8 280	7 580
508		1.1.2011	31.12.2011	30	100	6 517	5 867
509		1.1.2011	31.12.2011	100	-	6 073	5 423
510		1.1.2012	31.12.2012	0	30	6 669	5 969

Pořizovací náklady:

• FV panely	22 x 4630 Kč	101860 Kč
• Konstrukce pro upevnění panelů		21800 Kč
• Montážní práce		26000 Kč
• Rozvaděč, kabeláž, řízení, wattrouter		34500 Kč
• Projekt, administrativa		24300 Kč
• Celková cena		208460 Kč
• Dotace		100 000 Kč
• Celková cena po odečtení dotace		108460 Kč

Za rok vyrobíme 4520 kWh.

- Odprodej veškeré vyrobené elektřiny.

Při odběru ze sítě by nás to stálo:

$$4520 \cdot 0,5 = 2260 \text{ Kč/rok} \quad (6)$$

Návratnost:

$$108460 / 2260 = 48 \text{ let} \quad (7)$$

Doba 48 let přesahuje životnost FVE.

- V ideálním případě

Při odběru ze sítě by nás to stálo:

$$4520 \cdot 4,80 = 21696 \text{ Kč/rok} \quad (8)$$

Návratnost:

$$108460 / 21696 = 5 \text{ let} \quad (9)$$

Pokud bychom všechnu vyrobenou elektřinu spotřebovali, je návratnost elektrárny po pěti letech provozu, ale to je nereálné.

- Reálně by to vypadalo asi tak, že spotřebujeme pouze 20% námi vyrobené energie, 80% odprodáme do sítě a pak si ji zpět odebereme. Při zpětném odběru zaplatíme méně o silovou elektřinu, tedy o 30% méně.

Přímá spotřeba z FVE:

$$4520 \cdot 0,20 \cdot 4,80 = 4339 \text{ Kč/rok} \quad (10)$$

Odprodej z FVE:

$$4520 \cdot 0,80 \cdot 0,5 = 1808 \text{ Kč/rok} \quad (11)$$

Cena silové elektřiny, která nám bude odečtena:

$$4520 \cdot 0,80 \cdot 4,80 \cdot 0,3 = 5207 \text{ Kč/rok} \quad (12)$$

Celkem ušetříme za rok:

$$4339 + 1808 + 5207 = 11354 \text{ Kč/rok} \quad (13)$$

Návratnost:

$$108460 / 11354 = 9,6 \text{ let} \quad (14)$$

V případě, že spotřebujeme pouze 20% z vyrobené energie tak je návratnost za necelých 10 let.

4.5. Zhodnocení environmentální

Tabulka 7 Emisní faktory pro systémovou elektřinu (kg/GJ). [26]

Typ zdroje emisí	TL	SO ₂	NO _x	CO	Org. látky*	CO ₂	Zdroj dat
elektřina - systémové zdroje (včetně jaderných a vodních)	0.02591	0.489376	0.415698	0.0393	0.03086	325	Zdroj: SO ₂ , NO _x , - Schválený scénář Státní energetické koncepce z roku 2004, emisní faktory pro rok 2005 (po uvedení Temelína do provozu, scénář je zpracován po 5 letech), TL, CO, org. látky - Katalog opatření pro snížení energetické náročnosti (propočty SRC International CS, s.r.o. na základě REZZO 1999); CO ₂ - vyhl. č. 425/2004 Sb.

Naše elektrárna vyrobí $E_r = 4,52 \text{ MWh}$ za rok.

Při použití čisté energie za rok nevypustíme do ovzduší určité množství emisí, pokud využijeme veškerou vyrobenou elektrickou energii. To spočítáme z tabulky 7.

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ} \quad (15)$$

$$E_{\text{er}} = 4,52 \cdot 3,6 = 16,27 \text{ GJ/rok} \quad (16)$$

$$X_{\text{TL}} = E_{\text{er}} \cdot \text{TL} = 16,27 \cdot 0,0259 = 0,421 \text{ kg/rok} \quad (17)$$

$$X_{\text{SO}_2} = E_{\text{er}} \cdot \text{SO}_2 = 16,27 \cdot 0,4894 = 7,963 \text{ kg/rok} \quad (18)$$

$$X_{\text{NO}_x} = E_{\text{er}} \cdot \text{NO}_x = 16,27 \cdot 0,4157 = 6,763 \text{ kg/rok} \quad (19)$$

$$X_{\text{CO}} = E_{\text{er}} \cdot \text{CO} = 16,27 \cdot 0,0393 = 0,639 \text{ kg/rok} \quad (20)$$

$$X_{\text{OL}} = E_{\text{er}} \cdot \text{OL} = 16,27 \cdot 0,0309 = 0,503 \text{ kg/rok} \quad (21)$$

$$X_{\text{CO}_2} = E_{\text{er}} \cdot \text{CO}_2 = 16,27 \cdot 325 = 5287,75 \text{ kg/rok} \quad (22)$$

5. Závěr

Z výsledků je zřejmé, že ze zvolených sklonů je optimální sklon $\alpha = 25^\circ$, který má největší globální intenzitu slunečního záření. Celkové náklady na pořízení FVE s 5 kW_p jsou v současné době něco přes 100 000 Kč. Návratnost elektrárny by měla být do deseti let, pokud spotřebujeme minimálně 20% vlastní produkce (904 kWh / rok).

Postavit si v současné době FVE není vhodné na vytváření zisků. Ale pokud chceme ušetřit provozní náklady nějakého zařízení nebo rodinného domu lze nad tímto řešením reálně uvažovat. Pořizovací náklady na FVE mají tendenci klesat.

6. Použitá literatura

- [1] KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80-7078-445-8.
- [2] CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994 . 203 s. ISBN 80-900759-5-9.
- [3] TURNER, W. C. *Energy managment handbook*. 3. Vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0-13-728098-X.
- [4] HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol.. *Solárna enegia a jej využitie*. Bratislava: ALFA. 1983. 304 s.
- [5] SOLARTEC s.r.o. *Fotovoltaika a fotovoltaické systémy v podmínkách ČR a jejich navrhování* [online]. Praha: Česká energetická agentura, 2006 [cit. 2011-09-30]. 64 s. Dostupný na: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8050.pdf
- [6] www.cez.cz
- [7] <http://www.mojeelektrarna.cz/>
- [8] <http://www.isofenenergy.cz/>
- [9] <http://oenergetice.cz/technologie/obnovitelne-zdroje-energie/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti/>
- [10] <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>
- [11] <http://www.solarni-energie.info/>
- [12] <http://www.solarninovinky.cz/>
- [13] <http://novalynx.com/>
- [14] <http://nevsedni-svet.cz/encyklopedie-vesmiru-slunecni-nitro/>
- [15] <http://madico.cz/>
- [16] Výzkumné energetické centrum VŠB – TUO
- [17] <http://energyinformative.org/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems/>
- [18] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- [19] <http://www.elci.cz/fotovoltaika>

- [20] <http://elektrika.cz/data/clanky/princip-fotovoltickeho-clanku>
- [21] <http://eshop.solartec.cz/>
- [22] <http://www.asswasaneh.com/>
- [23] *Základy energetických procesů* prof. Ing. D. Juchelková, Ph.D., doc. Ing. Z. Kadlec, Ph.D., doc. Ing. M. Vrtek, Ph.D.
- [24] *Využití energetických zdrojů „Energie“*, Ing. Radim Janalík (přednáška č.1)
- [25] <http://www.eru.cz/>
- [26] Studijní podpory katedry energetiky
- [27] <http://www.solarniexperti.cz/>

7. Seznam příloh

Příloha A: Datový list fotovoltaického panelu



230 W Fotovoltaický modul BP 3230T

10 4087Cz-1 11/10



BP Solar vyrábí solární wafery, články a moduly již více než 35 let. Zkušenosti ukázaly, že nejlepší cestou k optimalizaci životnosti modulu a jeho produkce elektrické energie, je věnovat pozornost každému detailu při designu a výrobě našich produktů, při řízení procesů a testovacích metod. Nejnovější generace 60-článekových polykrystalických solárních modulů série T společnosti BP Solar nabízí následující výhody:



Inovativní konstrukci rámu s dlouhou životností

Z důvodu pohodlnější manipulace má hliníkový rám kulaté profily a z důvodu vyšší bezpečnosti je optimalizován pro použití spolu s bezpečnostními šrouby proti krádeži.



Flexibilní montáž a snížené ztráty následkem znečištění

Větší vzdálenost mezi články a rámem a pokrokový design, který tlačí laminát dopředu, zajišťují, že nahromaděná nečistota nebude zastíňovat články ani při montáži v krajině, a tudíž bude docházet k maximalizaci výroby energie.



Zvýšenou spolehlivost s účinným chlazením

Technologie IntegraBus™ zajišťuje spolehlivou správu kabelů při umísťování nulových diod a spojovací skříňky mimo články za účelem chladnějšího provozu a vyšší výroby energie.



Odpovědnost vůči životnímu prostředí

Bezolovnaté pájení a spoje, kabely neobsahující halogeny, kompletní s MC4 konektory se západkami a minimální obalový odpad.

Nabídka rozšířené záruky

BP solar spouští od 1. ledna 2010 záruční nabídku, která je svými nízkými hodnotami ztrát špičkou na trhu. Naše interní zkušební standardy, které jdou daleko za mezinárodní požadavky, stojí za touto inovativní nabídkou.



Elektrická charakteristika

	⁽¹⁾ STC 1000W/m ²	⁽²⁾ NOCT 800W/m ²
Maximální výkon (P _{max})	230W	165,6W
Napětí při P _{max} (V _{max})	29,1V	25,9V
Proud při P _{max} (I _{max})	7,90A	6,32A
Zkratový proud (I _{sc})	8,40A	6,80A
Napětí otevřeného obvodu (V _{oc})	36,7V	33,4V
Efektivita modulu	13,8%	
P _{max} Tolerance	-3/+5%	
Nominální napětí	20V	
Ztráta efektivit při 200W/m ²	<5 % ztráta (efektivita 13,1%)	
Limitní zpětný proud	8,40A	
Teplotní koeficient I _{sc}	0,105%/°C	
Teplotní koeficient V _{oc}	-0,380%/°C	
Teplotní koeficient P _{max}	-0,45%/°C	
⁽³⁾ NOCT	47±2°C	
Maximální hodnota sériové pojistky	20A	
Aplikační třída (dle IEC 61730-2007)	Třída A	
Maximální napětí systému	800 V (u.s. NOCT); 1000 V (IEC 61730-2007)	

1: Hodnoty při standardních testovacích podmínkách (STC): 1 000 W/m² světla, AM 1,5 solárního spektra a teplota modulu 25 °C.
 2: Hodnoty při světlu 800 W/m², Nominální provozní teplota článku (NOCT) a AM 1,5 solárního spektra.
 3: Nominální provozní teplota článku: Provozní teplota modulu při světlu 800 W/m², teplotě vzduchu 20 °C a rychlosti větru 1 m/s.

Všechny solární moduly jsou jednotlivě testovány před dopravou. Povolené odchylky je stanovena naším továrním měřením k započtení typického odlišného výkonu SLD článků, k němuž dojde během provozu SLD provozu.

Mechanická charakteristika

Solární články	80 polykryсталických 6" silikonových článků (156x156 mm) v sérii
Přední kryt	Vysoké propustné 3,2 mm (1/8th in) sklo
Zapouzdření	EVA
Zadní kryt	Bílý polyester
Rám	Stříbrem anodizovaný hliník (Universal II)
Diody	IntegraBus™ se 8 diodami Schottky
Propojovací skříňka	Zalitá (IP67); certifikovaná – splňující test hořlavosti UL 1703 4 mm ² kabel se západkovými konektory MC4, Asymetrická délka kabelů (-)/1250 mm (49,21 in)/(+)-800 mm (31,50 in)
Výstupní kabely	Certifikovaný jako PV vodiče podle norem UL4703 a PV1-F podle VDE EPV 01:2008-02
Rozměry	1667x1000x50mm/65,6x39,4x2,0 in
Váha	19,4kg/42,8 lbs.
Rozměrová tolerance do ± 1 %, není-li uvedeno jinak.	

Záruka

- Pět let na vady materiálů a výroby
- Min. 93 % výkonu po 12 let
- Min. 85 % výkonu po 25 let

Certifikace

Certifikace v souladu s rozšířenou verzí IEC 61215:2005 (Pozemní fotovoltaické moduly z krystalického silikonu – osvědčení typu a návrhové kvalifikace).

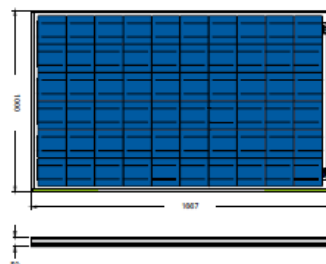
Certifikace v souladu s IEC 61730-1 a IEC 61730-2 (Osvědčení o bezpečnosti fotovoltaických modulů, požadavky na konstrukci a testování).

Na seznamu standardu UL 1703 a, ULC ORD-C1703 pro bezpečnost Intertek ETL (hořlavost třídy C).

Vyrobeno v továrních s certifikací ISO 9001 a ISO 14001.

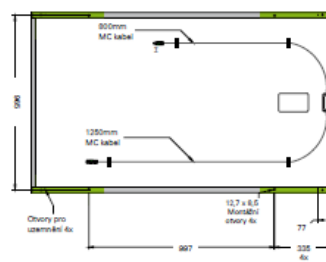
Elektrická měření modulu jsou kalibrována podle světových radiometrických referencí externími mezinárodními laboratorii.

Tento informační leták splňuje požadavky normy EN 50380.
 Tato publikace obsahuje údaje o specifikaci, které mohou být změněny bez upozornění.



čelní pohled

Místa povolené montáže pro základ 3000 Pa



boční pohled

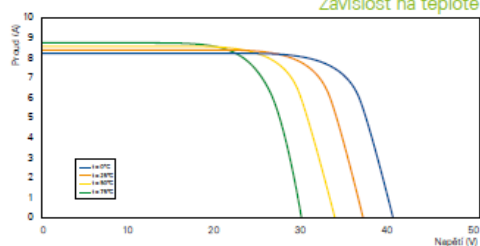
zadní pohled

Místa povolené montáže pro základ 3000 Pa

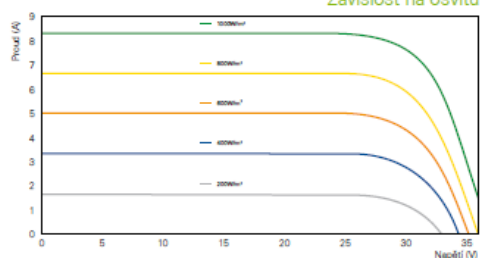
DETAIL PROPOJOVACÍ SKŘÍŇKY
 (s možností uchytení kabelů)
 38,60 x 100,60 x 12,20 (mm)

Rozměry v mm.
 * Po přimontování na montážní otvory je možné zatížení 5400 Pa

Závislost na teplotě



Závislost na osvětlení



Kontakt:

Váš partner ve společnosti BP Solar

Více informací na www.bpsolar.com

10 4087-Cz-1 11/10 © BP Solar 2010

Single Phase Inverter Second Generation

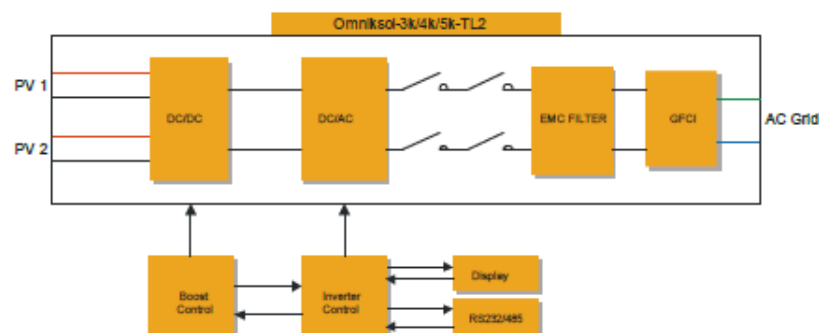
Omniksol-3k/4k/5k-TL2



Product Features

Features	Advantages	Benefits
<ul style="list-style-type: none"> Standard 10years warranty, 5-25 years optional Built-in GPRS as option Built-in Wifi as option External Inductor Smaller and lighter, only 16.5kg High performance DSP for algorithm control VDE-AR-N 4105 certification New topology design Dual MPPT design Multi-button touch interface LCD screen visible at night Have anti-shading function 	<ul style="list-style-type: none"> Longer life cycle Plug and play Free monitoring through our webportal Very lower internal temperature Easy transportation and installation Faster CPU speed Adjustable active and reactive power Maximum conversion efficiency up to 98.2%, Euro up to 97.5% More flexible system design User friendly operation Real-time data readable at night Suitable to complex installation environment 	<ul style="list-style-type: none"> more stable and reliable No commissioning work to get real-time remote monitoring More convenient monitoring solution without any charge Longer life cycle Saving storage and installation space Higher inverter control accuracy Meet the latest certification and regulations Increase system payback Fit in various installation environments Easy to operate Real-time operating condition accessible Increase the electricity generation of the system in shading environment

Block Diagram



Technical Data

Omniksol-3k/4k/5k-TL2

Type	Omniksol-3k-TL2	Omniksol-4k-TL2	Omniksol-5k-TL2
Input (DC)			
Max. PV Power	3400W	4500W	5200W
Max. DC Voltage	590V	590V	590V
Nominal DC Voltage	360V	360V	360V
Operating MPPT Voltage Range	120 - 550V	120 - 550V	120 - 550V
MPPT Voltage Range at Nominal Power	150 - 500V	200 - 500V	200 - 500V
Start up DC Voltage	150V	150V	150V
Turn off DC Voltage	120V	120V	120V
Max. DC Current	12A/12A	16A/16A	18A/18A
Max. Short Circuit Current for each MPPT	16A/16A	20A/20A	20A/20A
Number of MPPT trackers	2	2	2
Max. Input Power for each MPPT	2000W	2600W	3000W
Number of DC Connection for each MPPT	A:1/B:1	A:1/B:1	A:1/B:1
DC Connection Type	MC4 connector	MC4 connector	MC4 connector
Output (AC)			
Max. AC Apparent Power	3300VA	4400VA	5000VA**
Nominal AC Power(cos φ=1)	3000W	4000W	4600W**
Nominal Grid Voltage	220V/230V/240V	220V/230V/240V	220V/230V/240V
Nominal Grid Frequency	50Hz/60Hz	50Hz/60Hz	50Hz/60Hz
Max. AC Current	14.4A	19.0A	22.0A
Grid Voltage Range*	185-276V	185-276V	185-276V
Grid Frequency Range*	45-55Hz/55-65Hz	45-55Hz/55-65Hz	45-55Hz/55-65Hz
Power Factor	0.9 capacitive...0.9 inductive	0.9 capacitive...0.9 inductive	0.9 capacitive...0.9 inductive
Total Harmonic Distortion (THD)	<2%	<2%	<2%
Feed in Starting Power	30W	30W	30W
Night time Power Consumption	<1W	<1W	<1W
Standby Consumption	6W	6W	6W
AC Connection Type	Plug-in connector	Plug-in connector	Plug-in connector
Efficiency			
Max. Efficiency (at 360Vdc)	98.2%	98.2%	98.2%
Euro Efficiency (at 360Vdc)	97.3%	97.5%	97.5%
MPPT Efficiency	99.9%	99.9%	99.9%
Safety and Protection			
DC Insulation Monitoring		Yes	
DC Switch		Optional	
Residual Current Monitoring Unit (RCMU)		Integrated	
Grid Monitoring with Anti-islanding		Yes	
Protection Class		I (According to IEC 62103)	
Overvoltage Category		PV II / Mains III (According to IEC 62109-1)	
Reference Standard			
Safety Standard		EN 62109, AS/NZS 3100	
EMC Standard		EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-6-2, EN 61000-6-4, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12	
Grid Standard	VDE-AR-N-4105, VDE 0126-1-1, CEI0-21, C10/11, G83/2, G59/3, UTE C15-712-1, EN50438, AS4777, CQC		
Physical Structure			
Dimensions (WxHxD)		352x421x162.5mm	
Weight		16.5kg	
Environmental Protection Rating		IP 65 (According to IEC 60529)	
Cooling Concept		Internal fan convection	
Mounting Information		Wall bracket	
General Data			
Operating Temperature Range		-25°C to +60°C (derating above 45°C)	
Relative Humidity		0% to 98%, no condensation	
Max. Altitude (above sea level)		2000m	
Noise Level		< 40dB	
Isolation Type		Transformerless	
Display		3 LED, Backlight, 20 x 4 Character LCD	
Data Communication Interfaces		RS485(WIFI), GPRS integrated	
Computer Communication		USB	
Standard Warranty		10 Years (5-25 years optional)	

*The AC voltage and frequency range may vary depending on specific country grid
**4800VA, 4600W with VDE-AR-N-4105

Address: No.80, XinZeRoad, SIP,
215123, Suzhou, China
Tel: +86-512-6956-8216
Fax: +86-512-6295-6682
E-mail: sales@omnik-solar.com
Website: http://www.omnik-solar.com

Products updating continues. Any data change will not be informed exclusively.
Omnik company reserves the right of final interpretation of product technical data and copyrights.

OMNIK
Omnik New Energy Co., Ltd.

